

ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук
Бреки Александра Джалюльевича на
диссертационную работу Ващишиной Анны
Павловны на тему «Повышение износостойкости
ребра бандажа колеса локомотива улучшением
антифрикционных свойств пластичного смазочного
материала», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах»

Актуальность работы. На текущий момент в ОАО «РЖД» эксплуатируется свыше 20 тысяч локомотивов. Эксплуатационные условия этих локомотивов приводят к быстрому износу пар трения ребро бандажа колеса локомотива – рельс, что вызывает необходимость частых ремонтных мероприятий и обточек колес, существенно увеличивая затраты. Нормативы ОАО «РЖД» предполагают плановую обточку ребра каждые 100 тысяч км, но на практике из-за интенсивного износа эта процедура требуется уже через 30 тысяч км. Организация ремонтно-восстановительных работ и замены узлов позволяет эффективно распределять ресурсы и достигать значительного экономического эффекта за период эксплуатации локомотива. Также знание ресурса узлов помогает предотвратить аварийные ситуации и сход подвижного состава с рельсов. Один из критически важных узлов, влияющий на эти показатели, – это бандаж колеса локомотива. Межремонтный пробег для левой и правой колесной пары локомотива различается в зависимости от радиуса и направления кривых участков пути, скорости износа и состояния рельсов. Основные факторы, влияющие на износ, включают неизбежное круговое скольжение ребра колеса по боковой грани рельса при двухточечном контакте, а также слой смазочного материала между контактирующими поверхностями. Смазочная пленка на поверхности ребра

снижает износ, но этого недостаточно. Существующие присадки для повышения износостойкости не обеспечивают должной защиты пар трения, поэтому исследования в данной области продолжаются.

На основании вышеизложенного считаю, что тема диссертационной работы Ващишиной А.П. на тему «Повышение износостойкости гребня бандажа колеса локомотива улучшением антифрикционных свойств пластичного смазочного материала» является актуальной.

Научная новизна исследований и полученных результатов.

1. Установлено, что введение сульфоорганического соединения в качестве присадки в концентрации 0,1 % повышает износостойкость пары трения гребень колеса локомотива–рельс в 1,5 раза.
2. Разработана модель изнашивания гребня бандажа колеса локомотива с учетом свойств смазочного материала с присадками и физико-механических свойств поверхностей трения, таких как вязкость, интенсивность выделения водорода, ударная вязкость, напряжение сдвига, коэффициент трения, давление, на основании которой предложено выражение для определения скорости изнашивания гребня бандажа колеса локомотива.
3. Экспериментально установлено, что в диапазоне температур смазочного материала гребня коэффициенты трения смазочного материала с присадками при максимальной температуре 260°C имеют значения: сульфосоединение 0,217, фосфорорганическое соединение - 0,160, гидрохинон - 0,102.

Научная и практическая значимость работы.

1. Доработана конструкция системы смазывания гребня бандажа колеса локомотива, заключающаяся в оснащении конструкции бака смазочной системы добавлением отсека с катализатором.
2. Расчетный экономический эффект от использования смазочного материала с присадкой сульфоорганического соединения составил 1 млн. рублей в год для одного локомотиворемонтного депо.
3. Разработан испытательный стенд, позволяющий проводить

испытания на износ с параллельным определением выделения диффузионно-активного водорода при трении.

Структура и содержание диссертационной работы. Диссертация выглядит законченным научным трудом, логически структурирована. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста, содержит 29 таблиц, 68 рисунков и список литературы, включающий 212 наименований. Диссертационная работа соответствует следующим пунктам Паспорта научных специальностей Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.5.3 – «Трение и износ в машинах»:

- п.8: «Триботехнические свойства смазочных материалов»;
- п.10: «Физическое и математическое моделирование процессов трения и изнашивания. Расчет и оптимизация узлов трения и сложных трибосистем».

Введение. Дана актуальность работы, цель, задачи, представлен объект и предмет исследования, сформулирована научная новизна, практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту.

Глава 1. Представляет аналитический обзор исследований, охватывающий описание трибологической пары гребень колеса и рельс, характеристики и технологию изготовления смазочного материала с присадками, обоснование выбора исследуемых присадок, а также анализ методов повышения износостойкости и моделей износа гребня колеса.

Глава 2. Содержит обзор методического обеспечения при проведении экспериментальных исследований смазочного материала и материала гребня колеса локомотива, описание установок и условия эксперимента. Теоретическая основа исследования базируется на теориях граничного трения, водородного и механического изнашивания, а также корреляционном анализе. Исходные данные для расчета включают значение износа поверхностей пары трения, массу изношенных частиц, интенсивность выделения водорода,

графики износа гребня колеса от пути трения, вязкость смазочного материала с присадками, коэффициент трения и площадь контакта поверхностей. Выходные параметры расчетов представлены графиками зависимости скорости изнашивания от используемой присадки, интенсивности образования водорода и динамической вязкости смазочного материала.

Для исследования использовали пластичный смазочный материал Пума. Присадки подбирались по классу соединения, агрессивности к металлу и способности к смачиванию поверхности. Определение износа выполнялось на машине трения, измеряющей износ пары трения и диффузионно-активный водород. Физико-механические свойства смазочного материала оценивались с помощью ИК-спектроскопического анализа, а триботехнические свойства – на маслоиспытательной машине КТ-2. Анализ структуры и состава поверхностей трения проводился на спектрометре Искролайн 100 и рентгенофлуоресцентном спектрометре Renom. Исследовались структура поверхности, химический состав, твердость и шероховатость.

Глава 3. Посвящена теоретическому исследованию процессов, происходящих в зоне трения гребень-рельс. Разработана модель изнашивания гребня колеса локомотива и методика прогнозирования межремонтного пробега локомотива. Представлены обобщения и практические рекомендации. Выполнен регрессионный анализ результатов исследования изнашивания гребня колеса локомотива с различными присадками и эксплуатационными свойствами пары трения. Наиболее актуальным является исследование взаимодействия гребня колеса и рельса, как системы двух тел при наличии слоя смазочного материала. Моделирование скорости изнашивания осуществлено на основе теории подобия. К ключевым факторам относятся: P — давление гребня на рельс (максимальное) в криволинейном участке пути; KC — ударная вязкость более мягкого материала (бандажа); характеристики смазочного материала: η — динамическая вязкость, τ — напряжение сдвига в пластичном смазочном материале; условия протекания процесса изнашивания: L — путь трения, V — объём, отделяемый в процессе

изнашивания, v — скорость изнашивания. Достоверность влияния на износ различных факторов была установлена с помощью методов регрессионного анализа. Высокий коэффициент детерминации (98%) свидетельствует о значимости регрессионной модели, что говорит о том, что вязкость смазочного материала и интенсивность выделения диффузионно-активного водорода следует использовать в прогнозной модели величины износа гребня.

Полученное выражение определения скорости изнашивания гребня позволило провести расчет на примере Забайкальской железной дороги. Полученное значение близко к литературным источникам, в которых износ при толщине гребня менее 29 мм составляет 0,39 мм на 10 тыс. км пробега или 1,17 на 30 тыс. км пробега. Более точный расчет можно провести если учитывать радиусы кривых с учетом их направления, скорость локомотива в кривых и массу состава. Необходимо отметить, что приведенный расчет возможен для других железнодорожных путей с учетом рассматриваемой длины участка, количеством левых и правых кривых и их радиуса, скорости локомотива, возвышения наружного рельса, расстояния между кругами катания колес.

Глава 4. Содержит результаты экспериментальных исследований и их практическое обоснование использования смазочного материала Пума с выбранными присадками.

Испытания исследуемых присадок проводились в сравнении со смазочным материалом Пума, используемом при смазывании гребня колеса при вхождении локомотива в криволинейный участок железнодорожного пути. По результатам исследований определено, что добавление сульфосоединения к смазочному материалу Пума уменьшает скорость изнашивания на 20%, добавка производных гидрохинона на 6%. Параллельно с определением износа гребня определялось количество выделившегося водорода в процессе трения из смазочного материала. Наибольшее количество водорода выделяется при использовании смазочного материала Пума без добавления исследуемых присадок 67 ppm. Исследования показывают, что

перспективной присадкой для уменьшения выделения водорода, а, следовательно, и уменьшения водородного изнашивания, является фосфорорганическое соединение. Важным свойством смазочного материала является его вязкость, использование сульфоорганической присадки явно показывает завышенные значения динамической вязкости, что говорит о высоком коэффициенте внутреннего трения. Анализ ИК спектров показал повышение концентрации металла в смазочном материале после испытаний. Интенсивность и ширина некоторых характеристических линий на ИК спектре говорит об изменении качественного состава масла. Для определения коэффициента трения проведены испытания на маслоиспытательной машине КТ-2, результаты испытаний показывают, что зависимость коэффициента трения от температуры носит неравномерный характер.

Исследование торца поверхности гребня на металлографическом микроскопе показали, что структура поверхности гребня не изменилась при использовании присадок из сульфосоединения, фосфорсоединения и гидрохинона, следовательно, негативное воздействие химически активных присадок на структуру материала отсутствует. Отсутствие изменений статических свойств и структуры материала позволяет утверждать о допустимости практического применения присадок к смазочному материалу Пума, что также подтверждается спектрометрическими результатами исследований.

Глава 5. Содержит расчет экономического эффекта от внедрения сульфоорганической присадки для смазочного материала гребня колеса локомотива. Приведено описание доработки гребнесмазывателя, установленного на колесной паре локомотива, заключающееся в доработке системы смазывания форсунками с жидким маслом. Рассчитан годовой экономический эффект от внедрения сульфоорганической присадки к смазочному материалу.

Обоснованность научных положений и выводов. Автор широко использует современные теории граничного трения, механического и

водородного изнашивания, дисперсионный и регрессионный анализ. Ему удалось связать свойства пластичного смазочного материала и контактное взаимодействие гребня колеса локомотива с рельсом в момент входа в криволинейный участок пути, учесть условия взаимодействия и определить ключевые факторы. Показаны ограничения разработанной модели, дисперсионный и регрессионный анализ позволил выделить важные факторы в модели, а также показать их взаимосвязь и влияние друг на друга.

Достоверность результатов. Автор использует большое количество российской и зарубежной литературы, результаты его расчётов и экспериментов имеют высокую сходимость. Результаты работы широко представлены на конференциях российского и международного уровня и имеются публикации в рецензируемых журналах РИНЦ, ВАК и WOS/SCOPUS.

Замечания и рекомендации по диссертации. К настоящей работе имеется ряд замечаний.

1. Подписи к некоторым рисункам в работе и надписи на них напечатаны мелким шрифтом, иногда размыты, что затрудняет их восприятие. Подписи к таблицам и рисункам следовало бы выделять жирным шрифтом.

2. С использованием теории подобия разработана математическая модель скорости изнашивания гребня бандажа, для повышения точности которой, введён переменный эмпирический коэффициент χ , однако из работы не ясно, от каких факторов зависит данный коэффициент.

3. Для полученных зависимостей коэффициента трения от температуры не приведено объяснения максимумов и минимумов на графиках.

4. В работе не приведено объяснения, по каким причинам, коэффициент трения уменьшается с ростом вязкости смазочного материала.

Замечания не снижают общей научной и практической ценности работы и носят рекомендательный характер.

Основные публикации работы. По теме диссертации автором

опубликована 21 печатная работа, в том числе 6 в научных изданиях, входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, 3 публикации в Международных базах цитирования Scopus, Web of Science, 10 публикаций в материалах конференций, получено 2 патента на полезную модель.

Рекомендации по использованию результатов работы. Результаты, полученные автором, позволят проводить исследования с целью определения влияния присадок на формирование защитной пленки, а также оценить их трибохимические характеристики с целью дальнейшей разработки присадок с заданными свойствами, учитывая также эффект синергизма. Полученные данные могут быть использованы для проведения сертификационных испытаний и исследований.

Заключение

Диссертационная работа Ващишиной Анны Павловны на тему «Повышение износостойкости гребня бандажа колеса локомотива улучшением антифрикционных свойств пластичного смазочного материала», является завершенной научно-квалификационной работой и содержит новые научные результаты. Диссертационная работа Ващишиной Анны Павловны соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а ее автор Ващишина Анна Павловна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.3 - «Трение и износ в машинах».

Официальный оппонент

Доктор технических наук (спец. 05.02.04),
профессор международного научно-образовательного центра «BaltTribo-Polytechnic»
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» _____

Бреки Александр Джалюльевич

« 4 » сентября 2024 г.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". Адрес: 194064, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург,

Политехническая ул., д.29, лит. Б

Тел. +7 (812) 297-20-95, E-mail: breki_ad@spbstu.ru